

慣れない環境における姿勢制御

朝 長 昌 三

Postural Control in the Strange Environment

Shozo TOMONAGA

ヒトの姿勢制御系は、中枢神経系が前庭器官・体性感覚器官・視覚器官などの種々の感覚器からの情報を統合・処理し、多数の筋肉を駆動させることによって身体を安定化させる制御系である。

姿勢を維持させるための情報のなかでも、特に視覚情報の姿勢維持のために果たす役割は重要と考えられ、視覚情報をさまざまに変化させた場合の身体動揺、特に重心動揺に関する研究が数多く行われてきた (Edwards, 1946; Wapner and Witkin, 1950; 中田, 1983; 朝長, 1994, 1995)。これらの研究の多くは実験室という限定された、しかも床面が安定した場所で、また重心動揺を測定する平衡機能計の検出台も安定板を用いて行われてきた。

朝長 (1997) は、航海中の揺れる船上という不安定な床の上で、しかも船上生活に不慣れた被験者がどのように姿勢をコントロールするかを開眼条件および閉眼条件での重心動揺の平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積から検討し、次のような結果を得た。①平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積のすべてにおいて閉眼条件の方が開眼条件よりも大であった。②開眼条件においても閉眼条件においても、左右動揺の平均速度、平均加速度、移動距離の方が前後動揺よりも大であった。③船のローリングの大きさと、重心動揺との間には強い相関関係があった。④ローリングの周波数と、重心動揺の左右方向との間に強い相関関係があった。⑤ピッチングの周波数および大きさと、重心動揺との間に強い相関関係があった。

本研究では、上述の結果のなかでも、特に、開眼条件においても閉眼条件においても、左右動揺の平均速度、平均加速度、移動距離の方が前後動揺よりも大であったという結果をさらに吟味するために、被験者を船側に向かって直立させたとき、左右動揺の大きさと前後動揺の大きさがどのように変化するかを検討することを目的とした。

方 法

重心動揺の測定は、Fig. 1 に示したようなシステムを用いて行った。重心動揺は正三角形3点支持の平衡機能計 (1 GO01, 日本電気三栄社) を用いて測定した。検出台からの出力は、オムニエース (RT 3200, 日本電気三栄社) とデータレコーダ (R-61, TEAC社) に入力された。船体の動揺はジャイロ (TRB-8B, 東京航空計器社) からデータレコーダ (R-61, TEAC社) に入力された。

被験者は船首方向を向き (以後、0 方向と略する)、検出台上に踵を接し足尖を45度に

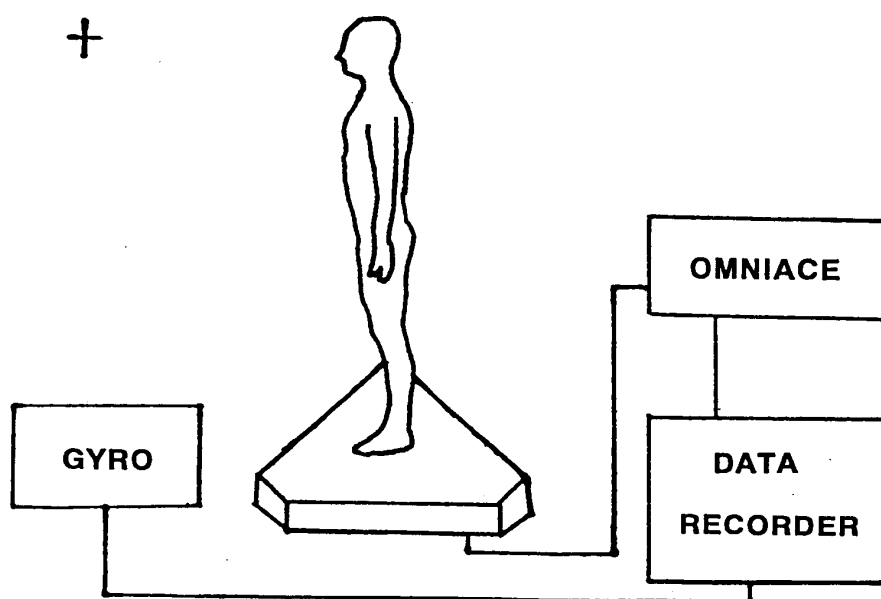


Fig. 1 実験装置の概要

開いて直立し、両状肢を体側に接した姿勢をとった。検出台上での被験者の重心動揺が安定したことを、オムニエースに描かれる動揺のX-方向（左右動揺）とY-方向（前後動揺）の軌跡によって確認した後、記録を始めた。

まず、開眼で眼前1.5mに設置された（+）印の固視点を凝視させた時の動揺をデータレコーダに記録し、これを「0-開眼条件」における重心動揺とした。次に閉眼状態での動揺を記録し、これを「0-閉眼条件」における重心動揺とした。

「0-開眼条件」と「0-閉眼条件」の組み合わせを1ブロックとして3ブロックを行った後、平衡機能計を船首に対して90度回転させた（以後、90-方向と略する）。そこで被験者に対して、今度は船側に向かって直立するように指示し、まず開眼状態における重心動揺を測定した。これを「90-開眼条件」における重心動揺とした。次に閉眼状態における重心動揺を測定し、これを「90-閉眼条件」における重心動揺とした。これらの条件についても3ブロック行った。各被験者に対して1日に6ブロックの測定を行った。実験日数は9日であった。

被験者は、健常な水産学部3年生の男子学生2名と女子学生2名の計4名であった。

重心動揺の解析は、まずデータレコーダから出力された動揺をA/D変換した後、「重心動揺解析プログラム（日本電気三栄社）」によって左右動揺と前後動揺の時系列記録として計測し、各方向に関する平均速度、平均加速度、および移動距離、そして動揺面積を求めることによって分析した。解析プログラムのサンプリングタイムは50msで、取り込み時間は51.2秒であった。

船体の動揺は、データレコーダから出力されたローリングとピッチングの「トータルパワー」を、「重心動揺解析プログラム」によって解析した。

結 果

各条件における重心動揺に関しては次のように分析した。各被験者に対して、1日につき「0－開眼条件」、「0－閉眼条件」、「90－開眼条件」および「90－閉眼条件」における重心動揺を各3試行行ったので、各条件における平均速度、平均加速度、移動距離、動揺面積についての3試行の平均値を各被験者の1日の代表値とした。次に、4人の被験者の各条件におけるそれぞれ1日の代表値の平均値を、4被験者の各条件における1日の代表値とし、これら9日間の代表値についてt-検定を行い、以下のような結果を得た。

1. 「0－開眼条件」

(1) 平均速度

- ① 左右動揺>前後動揺 ($t = 5.368, p < .01$)
- ② 左右動揺および前後動揺の平均速度と、船体の動揺との間には相関関係はなかった。

(2) 平均加速度

- ① 左右動揺>前後動揺 ($t = 4.989, p < .01$)
- ② 左右動揺および前後動揺の平均加速度と、船体の動揺との間には相関関係はなかった。

(3) 移動距離

- ① 左右動揺>前後動揺 ($t = 5.159, p < .01$)
- ② 左右動揺および前後動揺の移動距離と、船体の動揺との間には相関関係はなかった。

(4) 動揺面積

動揺面積と船体の動揺との間には相関関係はなかった。

以上のように、開眼状態で船首に向かって直立した場合、左右動揺の方が前後動揺よりも大であった。また重心動揺は船体の動揺とは相関関係はなかった。

2. 「0－閉眼条件」

(1) 平均速度

- ① 左右動揺>前後動揺 ($t = 3.531, p < .01$)
- ② 左右動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .535$)。

(2) 平均加速度

- ① 左右動揺=前後動揺 ($t = 1.372, p > .05$)
- ② 左右動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .559$)。

(3) 移動距離

- ① 左右動揺>前後動揺 ($t = 2.918, p < .05$)
- ② 左右動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .539$)。

(4) 動揺面積

動揺面積と船体の動揺との間には相関関係はなかった。

以上のように、閉眼状態で船首に向かって直立した場合、左右動揺の方が前後動揺よりも大であったが、平均速度と移動距離には統計的に有意な差があったものの、平均加速度には差がなかった。また左右動揺とピッチングとの間に比較的強い相関関係があった。

3. 「90－開眼条件」

(1) 平均速度

- ① 左右動揺<前後動揺 ($t = 7.444, p < .01$)

- ② 左右動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .506$)。
- ③ 前後動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .543$)。

(2) 平均加速度

- ① 左右動揺<前後動揺 ($t = 5.663$, $P < .01$)
- ② 左右動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .530$)。
- ③ 前後動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .568$)。

(3) 移動距離

- ① 左右動揺<前後動揺 ($t = 6.755$, $P < .01$)
- ② 左右動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .509$)。
- ③ 前後動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .575$)。

(4) 動揺面積

- ① 動揺面積と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .529$)。

以上のように、開眼で船側に向かって直立した場合、前後動揺の方が左右動揺よりも大であり、統計的にも有意な差があった。また重心動揺とピッチングとの間に比較的強い相関関係があった。

4. 「90－閉眼条件」

(1) 平均速度

- ① 左右動揺<前後動揺 ($t = 10.453$, $P < .01$)
- ② 前後動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .520$)。

(2) 平均加速度

- ① 左右動揺<前後動揺 ($t = 8.576$, $P < .01$)
- ② 前後動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .503$)。

(3) 移動距離

- ① 左右動揺<前後動揺 ($t = 10.256$, $P < .01$)
- ② 前後動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった ($r = .511$)。

(4) 動揺面積

- ① 動揺面積と船体の動揺との間には相関関係はなかった。

以上のように、閉眼で船側に向かって直立した場合、前後動揺の方が左右動揺よりも大で、統計的にも有意な差があった。また前後動揺とピッチングとの間に比較的強い相関関係があった。

考 察

本研究の目的は、航海中の揺れる船上で開眼状態および閉眼状態にあるとき、左右動揺の平均速度、平均加速度、移動距離の方が前後動揺よりも大であったという結果をさらに吟味するために、被験者を船側に向かって直立させたときの左右動揺の大きさと前後動揺の大きさがどのように変化するかを、重心動揺の平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積から検討することであった。

1. 船首に向かって開眼および閉眼状態で直立した場合の重心動揺

船首に向かって直立した場合、開眼条件においても閉眼条件においても、重心動揺のX－方向の平均速度、平均加速度、移動距離の方がY－方向の動揺よりも大であった(1997)。床面が安定した状態では、一般的に、前後動揺の方が左右動揺よりも大きい、とされてい

る(1993)。

本研究においても、左右動揺の方が前後動揺よりも大であった。川崎ら(1992)は、人間の船体運動に対する応答特性への影響に関して研究を行い、Y-方向(体側方向)については人間の制御機構が良好であり、X-方向(背-胸方向)については入力の小さいときには制御に要する反応時間が不定であるか、または制御機構に弱点があるだろうとした。川崎らの結果からすれば、船首方向に向かって直立した場合、そこで、重心動揺と船体の動揺との関係について検討した。開眼条件における重心動揺と船体との間には相関関係はなかったが、閉眼条件における左右動揺の平均速度および平均加速度と、船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった。このことは、視覚情報を遮断した閉眼状態では視器以外の感覚器によって姿勢をコントロールしなければならなくなり、その結果、船体の動揺に随伴したのだろうと考えられた。しかしながら、なぜ重心動揺の左右動揺が船体のローリングではなく、ピッチングなのかについては今後の課題である。

2. 船側に向かって開眼および閉眼状態で直立した場合の重心動揺

船側に向かって直立した場合、開眼条件においても閉眼条件においても前後動揺の平均速度、平均加速度および移動距離の方が左右動揺よりも大であった。重心動揺の前後動揺の方が左右動揺よりも大であるということは、重心動揺の前後動揺が船体のローリングに随伴している結果と考えられるが、統計的には、重心動揺は船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった。

川崎ら(1992)は、人間の船体運動に対する応答特性への影響に関して研究を行い、Y-方向(体側方向)については人間の制御機構が良好であり、X-方向(背-胸方向)については入力の小さいときには制御に要する反応時間が不定であるか、または制御機構に弱点があるだろうとした。川崎らの結果からすれば、船首方向に向かって直立した場合、制御機構が良好である体側方向の左右動揺をより大きく動揺させることによって姿勢をうまくコントロールさせているといえる。それに対して、船側方向に向かって直立した場合は、制御機構に弱点があるとされる背-胸方向をより大きく動揺させることによって姿勢をコントロールさせていることになる。

本研究で得た結果からは、船首に向かって直立した場合は重心動揺の左右方向を、船側に向かって直立した場合は重心動揺の前後方向をより大きく動揺させることによって姿勢をコントロールさせているというように、船体のローリングと同方向の重心動揺をより大きく動揺させることによって、姿勢を制御していると考えられた。

要 約

本研究は、航海中の揺れる船上で、船首および船側に向かって直立した場合、姿勢をどのようにコントロールさせるかを重心動揺の平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積から検討することを目的とした。結果は以下の通りであった。

1. 船首に向かって直立した場合、左右動揺の平均速度、平均加速度、移動距離の方が、前後動揺よりも大であった。
2. 船側に向かって直立した場合、前後動揺の平均速度、平均加速度、移動距離の方が、左右動揺よりも大であった。
3. 船首に向かって閉眼条件の下で直立した場合、重心動揺と船体のピッチングとの間に

比較的強い相関関係があった。

4. 船側に向かって直立した場合、重心動揺と船体のピッチングとの間に比較的強い相関関係があった。

参考文献

- Edwards, A. S. 1946 Body sway and vision. *Journal of Experimental Psychology*, 36, 526 - 536.
- 川崎潤二・天下井清・木村暢夫・甫喜本司 1992 船体運動に対する人間の応答特性 日本航海学会論文集, 87号, 79-88。
- 中田英雄 1983 視覚障害者の直立姿勢保持能力 姿勢研究, 3 (1), 1-7。
- 朝長昌三 1993 視覚情報による姿勢制御の練習効果 長崎大学教養部紀要 人文科学篇, 第34巻, 第1号, 25-34。
- 朝長昌三 1994 視覚情報による重心動揺の安定性 長崎大学教養部紀要 人文科学篇, 第35巻, 第1号, 1-20。
- 朝長昌三 1995 重心動揺の反応時間とパーソナリティ 長崎大学教養部紀要 人文科学篇, 第35巻, 第2号, 139-146。
- 朝長昌三 1997 船上における姿勢制御 長崎大学教養部紀要 人文科学篇, 第38巻, 第1号, 217-226。
- Wapner, S., & Witkin, H. A. 1950 The role of visual factors in the maintenance of body - balance. *Am. J. Psychology*, 63, 385 - 408.